

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ ВІБРАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мигущенко Р.П., Реброва О.М., Коржов І.М.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра «Інформаційно-вимірювальних технологій і систем», вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002

Для діагностики та контролю вібраційних об'єктів останнім часом почали використовувати неперервне вейвлет перетворення. У [1] запропоновано метод перетворення первинної вимірювальної інформації в логічні висновки про технічний стан об'єкту з використанням неперервного вейвлет-перетворення послідовності $\{x_k\}^N$ результатів вимірювання випадкового вібросигналу $X(t)$ за допомогою математичної моделі:

$$W_{g_n}(a_i, b_j) = \frac{a_i}{\sqrt{C_{g_n}|a_i|}} \sum_{k=1}^N x_k \left[g_{n-1}\left(\frac{t_{k-1}-b_j}{a_i}\right) - g_{n-1}\left(\frac{t_k-b_j}{a_i}\right) \right], \quad (1)$$

де $W_{g_n}(a_i, b_j)$ – вейвлет-коефіцієнти, які вираховані за допомогою гаусівського вейвлету n -го порядку; $g_{n-1}(t)$ – гаусівський материнський вейвлет $(n-1)$ -го порядку; C_{g_n} – нормувальний множник; x_k – відліки реалізації $X(t)$ в моменти часу t_k , $k = \overline{1, N}$.

Отримані вейвлет-коефіцієнти утворюють тривимірні вейвлет-зображення які містять інформацію щодо локальних змін математичного сподівання вейвлет-коефіцієнтів по осям масштабу a та зсуву b . Оцінка таких змін проводиться послідовностями частинних регресій, окремо по вказаним осям. Заміна тривимірних вейвлет-зображень множинами двовимірних моделей:

$$\{V_{jl} = F_a[a_j | b_l = \text{const}] + \delta_{jl}\}_{l=1}^L;$$

$$\{V_{jl} = F_b[b_l | a_j = \text{const}] + \varepsilon_{jl}\}_{j=1}^J,$$

де F_a і F_b – не випадкові функції (тренди); δ_{jl} і ε_{jl} – випадкові величини (випадкові залишки).

Функції F_a і F_b оцінені шляхом представлення їх послідовностями лінійних регресій з випадковими коефіцієнтами.

Результати математичного моделювання показали ефективність оцінювання, за геометричною відстанню між діагностованими станами, інформативності F -статистик вейвлет-перетворених вібросигналів та дозволили розробити методику формування оптимальної розмірності простору F -статистик, що забезпечує мінімум ймовірності помилки діагностики другого роду або максимум потужності правила прийняття рішення.

Використання запропонованого методу перетворення первинної

вимірювальної інформації в логічні висновки про технічний стан об'єкту з використанням неперервного вейвлет-перетворення потребує значних обчислювальних потужностей та передбачає наявність стаціонарних ЕОМ, що обумовлено отриманням надмірної кількості вейвлет-коефіцієнтів (набагато більше ніж відліків первинного вібросигналу), це значно ускладнює проведення діагностики об'єкту у місці його експлуатації, особливо у випадках проведення діагностики об'єкту в польових умовах.

Для вирішення цієї проблеми авторами пропонується застосування дискретного вейвлет перетворення замість неперервного вейвлет перетворення, яке не потребує великих обчислювальних потужностей та може бути реалізоване на сучасних мікропроцесорних рішеннях. Зменшення обчислень обумовлено використанням фільтрів з різними частотними зрізами для аналізу сигналу на різних масштабах. Первинний вібросигнал пропускається через деревовидне з'єднання високочастотних та низькочастотних фільтрів, при цьому роздільна здатність сигналу, що є мірою кількості детальної інформації, змінюється за рахунок фільтрації сигналу, а масштаб змінюється за рахунок децимації та інтерполяції. Децимація відповідає зниженню частоти дискретизації, а інтерполяція, навпаки – збільшенню частоти дискретизації первинного вібросигналу. Після проходження сигналу через кожен фільтр проводиться децимація, тобто прорідження сигналу (кожен другий відлік відкидають), таким чином сигнал проходить через фільтрацію та децимацію до тих пір поки не залишиться два відліки. Використання такого алгоритму призводить до отримання вейвлет-коефіцієнтів кількості яких дорівнює кількості відліків первинного вібросигналу, при цьому можливо відкинути вейвлет-коефіцієнти значення яких не значні без значного спотворення сигналу, так як вони вказують на низьку енергетику відповідних частотних смуг в первинному сигналі [2].

Очікуваний ефект від заміни неперервного вейвлет перетворення на дискретне вейвлет перетворення формулюється у значному зменшенні необхідних обчислювальних потужностей та часу обробки сигналу при збереженні отриманого раніше показника ймовірності помилки діагностики другого роду. Для підтвердження очікуваного ефекту необхідне додаткове моделювання.

Список літератури

1. Мигущенко Р.П. Методи і пристрої систем багатопараметрової функціональної діагностики вібраційних об'єктів (теоретичні основи та впровадження) [Текст]: автореф. дис. ...д-ра тех. наук: 05.11.13 / Мигущенко Руслан Павлович; Харків. НТУ «ХПІ». – Х., 2015. – 32 с.

2. Polikar R. The engineer's ultimate guide to wavelet analysis the wavelet tutorial / R. Polikar – Iowa State University – 2006. – 79 p. – Режим доступу: <http://www.autex.spb.su/download/wavelet/books/tutorial.pdf> – Назва з екрану.